

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-270579

(43)Date of publication of application : 20.09.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065
C23C 16/52
H01L 21/205

(21)Application number : 2001-063607

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 07.03.2001

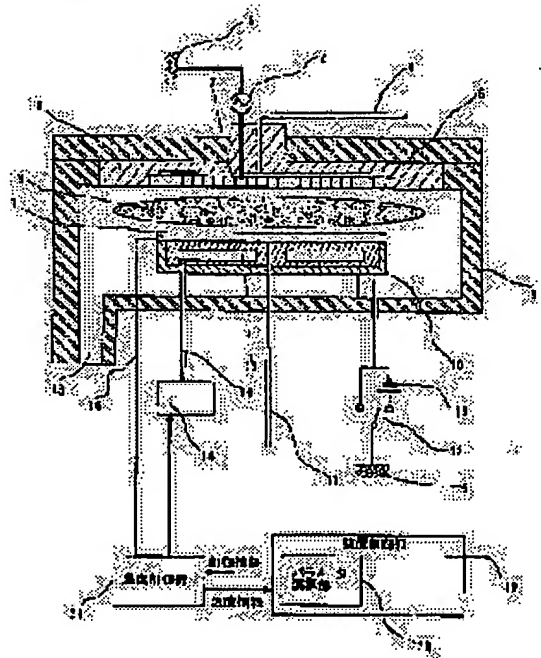
(72)Inventor : KITSUNAI HIROYUKI
TANAKA JUNICHI
SUGANO SEIICHIRO
YAMAMOTO HIDEYUKI

(54) SYSTEM AND METHOD FOR PRODUCING SEMICONDUCTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a system and a method for producing a semiconductor in which the treating characteristics can be controlled in response to variation.

SOLUTION: According to a relation correlating the monitor results and the wafer temperature, a monitor value under treatment is compared with a past monitor value for successful treatment and temperature of the wafer 1 is controlled to minimize the shift of the monitor values. Variation in the treating characteristics can thereby be monitored and the treating characteristics can be controlled in response to variation.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 04.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 10.02.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2004-04997

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 11.03.2004

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-270579

(P2002-270579A)

(43) 公開日 平成14年9月20日 (2002.9.20)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 1 L 21/3065		C 2 3 C 16/52	4 K 0 3 0
C 2 3 C 16/52		H 0 1 L 21/205	5 F 0 0 4
H 0 1 L 21/205		21/302	E 5 F 0 4 5

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-63607(P2001-63607)

(22) 出願日 平成13年3月7日 (2001.3.7)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 橘内 浩之

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(72) 発明者 田中 潤一

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(74) 代理人 100095913

弁理士 沼形 義彰 (外1名)

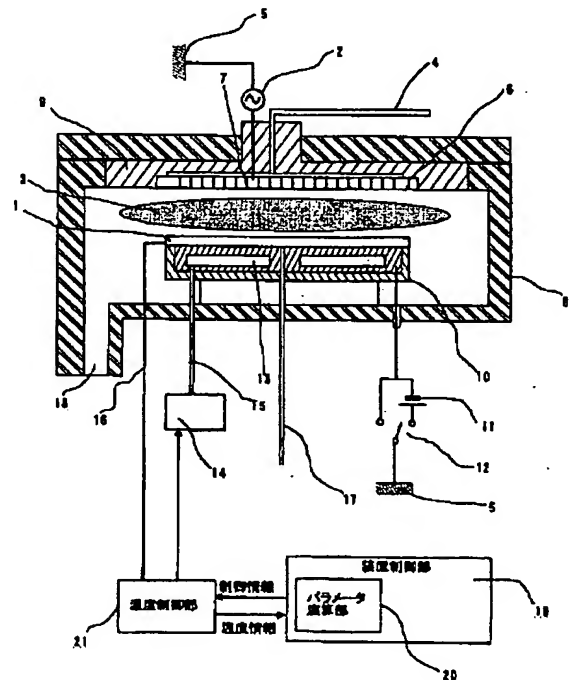
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体製造装置および半導体製造方法

(57) 【要約】

【課題】 変動に対応して処理特性の制御を行うことができる半導体製造装置および製造方法を提供する。

【解決手段】 モニタ結果とウエハ温度とを相関付ける関係式から、現在処理中のモニタ値と過去の良好に処理が行われたモニタ値とを比較して、前記関係式により両者のずれが最小になるようウエハ1の温度を制御する。処理特性の変動を監視するとともに、変動に対応して処理特性の制御を行うことができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ウエハにプラズマ処理を行なうための処理室と、該処理室内に前記プラズマを発生させるための手段と、前記ウエハを積載し前記ウエハに前記プラズマにより処理を施すためのウエハステージを備えた半導体製造装置において、

前記ウエハステージには、ウエハの温度もしくはステージ内部の温度もしくはその両方を計測すると手段と、ウエハの温度もしくはステージ内部の温度を任意に保つ温度調節機能を、処理装置の制御装置には過去のロット単位における処理結果の情報と、ウエハもしくはステージ温度と処理特性を相関付ける関係式を記憶する機能を具備し、

前記関係式により過去の同種製品のロット単位における処理結果のばらつきが最小になるようウエハの温度、もしくはステージ温度を求め、その値にしたがって一枚処理毎にウエハ処理時におけるウエハの温度、もしくはステージ温度を制御することを特徴とした半導体製造方法。

【請求項2】 ウエハにプラズマ処理を行なうための処理室と、該処理室内に前記プラズマを発生させるための手段と、前記ウエハを積載し前記ウエハに前記プラズマにより処理を施すためのウエハステージを備えた半導体製造装置において、

前記ウエハステージには、ウエハの温度もしくはステージ内部の温度もしくはその両方を計測すると手段と、ウエハの温度もしくはステージ内部の温度を任意に保つ温度調節機能を、処理装置には処理の状態をモニタする手段を、処理装置の制御装置には過去のロット単位におけるモニタ結果の情報を記憶する機能とモニタ結果とウエハもしくはステージ温度とを相関付ける関係式を記憶する機能を具備し、

前記関係式により過去の同種製品のロット単位におけるモニタ結果のばらつきが最小になるようウエハの温度、もしくはステージ温度を求めその値にしたがって、一枚処理毎にウエハ処理時におけるウエハの温度もしくはステージ温度を制御することを特徴とした半導体製造方法。

【請求項3】 ウエハにプラズマ処理を行うための処理室と、該処理室内に前記プラズマを発生させるための手段と、前記ウエハを積載し前記ウエハに前記プラズマにより処理を施すためのウエハステージを備えた半導体製造装置において、

前記ウエハステージには、ウエハの温度もしくはステージ内部の温度もしくはその両方を計測すると手段と、ウエハの温度、もしくはステージ内部の温度を任意に保つ温度調節機能を、処理装置には処理の状態をモニタする手段を、処理装置の制御装置には過去の処理が良好に行われた際のモニタ値を記憶する機能と、モニタ結果とウエハもしくはステージ温度とを相関付ける関係式を記憶する機能を具備し、現在処理中のモニタ値と過去の良好に処理が行われたモニタ値とを比較して、前記関係式に

より両者のずれが最小になるようウエハの温度もしくはステージ温度求め、次ウエハの処理時にはその値にしたがってウエハの温度もしくはステージ温度を制御することを特徴とする半導体製造方法。

【請求項4】 請求項1ないし請求項3記載の制御機能を備え、かつ選択する手段を備えることを特徴とする半導体製造装置。

【請求項5】 請求項3記載の半導体製造装置において、温度制御を行った値を記憶し、かつ変化させた温度の値があらかじめ設定した既定値を超えた場合に、その旨を知らせる手段を備えることを特徴とする半導体製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体の製造技術に属する。特に、半導体製造装置内においてウエハ処理を行う際に、処理結果の再現性を実現するための処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年の半導体素子の高集積化にともない回路パターンは微細化の一途をたどっており、要求される加工寸法精度はますます厳しくなっている。このような状況では、処理状態の再現性が重要になってくる。例えば、高いアスペクト比が要求されるエッチングプロセスにおいては異方性エッチングを実現するために側壁を有機ポリマで保護しながらエッチングを行うプロセスが実現されているが、保護膜となる有機ポリマの生成は、処理室内に残留しているエッチング生成物の量やウエハの温度により変化する。したがって、処理室内の残量反応生成物の量が処理毎にばらついたり、ウエハの温度制御が不十分であると側壁保護膜がウエハ間でばらつき、その結果エッチング形状の再現性が悪化するという問題を引き起こす。近年の半導体製造プロセスでは、10nm程度の加工寸法のばらつきであってもデバイスの不良を引き起こす場合がある。

【0003】このようなプラズマ処理結果のばらつきに対処する方法としては、例えば特開平8-165585号公報に開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】前記開示例では、プラズマを生成するための高周波電極の自己バイアス電圧を測定するモニタを設けて、自己バイアスモニタ値が一定になるように高周波電力を調整することが特徴となっている。この開示例によれば、プラズマ中で発生するイオンやラジカルなど、エッチングに関与する粒子の発生が再現性良く行なわれるとは期待できるが、ウエハ温度がばらついていると、ウエハ上でのエッチング反応の速度が異なるために、エッチング結果にばらつきがでることになる。また、処理室壁面に反応性の高い残留堆積物が残っていた場合、プラズマ中のイオンやラジカルの種類

や量がばらつき、エッチング結果に影響を与えることが懸念される。

【0005】本発明の目的は、プラズマ処理特性の変動を監視することができるとともに、変動に対応して処理特性の制御を行って、生産歩留まりや生産効率を向上させることを可能とする半導体製造装置および製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的は、ウエハの温度もしくはウエハステージの温度を計測すると手段と、ウエハの温度もしくはウエハステージの温度を任意に保つ温度調節機能と、過去のロット単位における処理結果の情報の情報を記憶する機能と、ウエハもしくはステージ温度と処理特性を相関付ける関係式を記憶する機能を持って、前記関係式により過去のロット単位における処理結果のばらつきを最小になるようウエハの温度、もしくはステージ温度を求め、その値にしたがって一枚処理毎にウエハ処理時におけるウエハの温度、もしくはステージ温度を制御することにより達成される。

【0007】また上記目的は、ウエハの温度もしくはウエハステージの温度を計測すると手段と、ウエハの温度もしくはウエハステージの温度を任意に保つ温度調節機能と、過去のロット単位におけるモニタ結果の情報を記憶する機能とモニタ結果とウエハもしくはステージ温度とを相関付ける関係式を記憶する機能を持って、前記関係式により過去のロット単位におけるモニタ結果のばらつきを最小になるようウエハの温度、もしくはステージ温度を求め、その値にしたがって、一枚処理毎にウエハ処理時におけるウエハの温度もしくはステージ温度を制御することにより達成される。

【0008】また上記目的は、ウエハの温度もしくはウエハステージの温度を計測すると手段と、ウエハの温度、もしくはウエハステージの温度を任意に保つ温度調節機能と、処理の状態をモニタする手段と、処理装置の制御装置には過去の処理が良好に行われた際のモニタ値を記憶する機能と、モニタ結果とウエハもしくはステージ温度とを相関付ける関係式を記憶する機能を持って、現在処理中のモニタ値と過去の良好に処理が行われたモニタ値とを比較して、前記関係式により両者のずれが最小になるようウエハの温度もしくはステージ温度を求め、次ウエハの処理時にはその値にしたがってウエハの温度もしくはステージ温度を制御することによって達成される。

【0009】また上記した制御を行った際に、実際に変化させた温度の値を記憶することによって、どの程度処理性能がずれたのかの履歴を残すことができる。またあらかじめ実際に変化させた温度の値にしきい値を設けておき、しきい値を超えた場合にその旨を知らせることをによって、装置のメンテナンス時期を知ることができ、生産効率を向上させることも可能なる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照にし、本発明の実施例について詳細に説明する。まず、図1～図3を用いて第一の実施例を説明する。図1は、第一の実施例にかかる半導体製造装置であり、ここではSiウエハ等の半導体基板上のパター形成を行うプラズマエッチング装置の概略構成図を示したものである。図2はエッチング処理を行ったデバイスの加工形状の処理枚数に伴う変化の例を示したものであり、図3は本実施例で行う制御のフローチャートを示したものである。

【0011】図1において、1はエッチング処理を行うSiウエハ、8はエッチング処理室である。6はプラズマ放電を起こすための電極であり、エッチングガスを処理室8内に均一に導入するためのシャワー穴7が設けられている。4はエッチングガスの導入管、18は真空排気口であり真空ポンプ（ここには図示しない）に接続されている。2は電極6に高周波電力を印加する高周波電源、5はアース、9は電極6とチャンバを電気的に隔絶するための絶縁体である。

【0012】10はウエハステージ、16はウエハ温度をセンシングするための温度計測手段、13～15はステージ10の温度調節機構である。本実施例では冷却機構であり、14は冷媒の循環器、15は基板ステージまでの流路、13は基板ステージ10内に設けられた冷媒の流路である。ウエハステージ10は静電吸着によってウエハ1を吸着できるものであり、吸着した上でステージ内10を通して設けられたガス流路17から熱伝導性の高いガス、例えばヘリウム等のガスをステージ10とウエハ1との間に満たすことにより、ウエハ1の温度制御を効率よく行う。11は静電吸着のための直流電源、12はオンオフ操作を行うスイッチである。

【0013】19は装置全体の制御装置であり、ガス流量、圧力、高周波電力などの制御コンピュータ等からなる。21は制御装置19内にある温度制御部であり、温度計測手段16によって計測された値に基づいてステージ温度の制御を行う。また、20は処理パラメータの演算部分であり、過去のロット単位における処理結果の情報と、ウエハもしくはステージ温度とエッチングレートやエッチング形状などの処理特性を相関付ける関係式を記憶する機能を備えたものである。

【0014】このように構成されたプラズマエッチング装置において、まず加工を施すウエハ1をステージ上に設置し、エッチングガスを導入管4、シャワー穴7を通して処理室8内へ導入し、所定の圧力に保つ。その後、高周波電源2より上部電極6に高周波電力を印加してプラズマ3を発生させ、所定の時間エッチングを行うことにより、Siウエハ1上に形成させた薄膜の加工を行うことができる。ところで、このようなプラズマを応用した処理では、加工処理中の基板の温度制御が非常に重要になってくる。

【0015】基板温度は、スパッタ、CVDのような成膜では成膜レートに、エッチングではエッチングレートや加工形状に影響を及ぼすためである。前にも述べたが、例えば高いアスペクト比が要求されるエッチングにおいては異方性エッチングを実現するために側壁を有機ポリマで保護しながらエッチングを行うプロセスが実現されているが、保護膜となる有機ポリマの生成は、処理室8の壁面に残留しているエッチング生成物の量により影響を受け、残留しているエッチング生成物が多いと保護膜が付着しすぎて加工形状、図2に示したd寸法が太くなる傾向がある。

【0016】例えば処理室8の壁面に付着して堆積物となるエッチング生成物の量は、処理枚数の増加にともなう増加するために、同じ条件で処理を続けると、図2の22に示したようにロット内で加工形状が変化する場合がある。最近の最先端デバイスでは、加工寸法が0.1 μm に到達しようとしており、この変化量が10 nm程度でも満足な特性が得られないことがある。

【0017】本実施例の特徴は、過去のロット単位における処理結果の情報、およびウエハもしくはステージ温度と処理特性を相関付ける関係式を制御装置19内のパラメータ演算部20内に持ち、ウエハ温度の制御を行うことにある。ある品種の製品を処理する場合を図3に示したフローチャートに従って説明する。

【0018】まず過去に処理された同種の製品におけるロット単位のウエハ温度Tと形状データを呼び出す。例えばロット内での形状変化が図2の21のように変化する場合、得たい形状寸法dからのずれ Δd_n が各ウエハナンバーnごとに呼び出される。次に、形状寸法のずれ Δd_n を、ウエハ温度の変化(ΔT)と形状変動(Δd)の相関付ける関係式、 $\Delta d = g(\Delta T)$ 代入することによって、 Δd_n を補正するためのウエハ温度を計算($T + \Delta T$)する。この計算値に基づいて温度制御部21において冷却能力を変えてウエハ温度を制御することによって、図2の22に示したような形状寸法変動を解消することが可能となる。

【0019】ここで、ウエハ温度Tで処理された場合の形状データは、実際の製品を処理したデータを記憶しても、製品にと同様の材料、マスクパターン形状である試用ウエハを処理したデータを用いても良い。また、ステージ温度の変化(ΔT)と形状変動(Δd)の相関付ける関係式は、あらかじめ製品にと同様の材料、マスクパターン形状である試用ウエハを用いて求めておく必要がある。

【0020】ここでウエハ温度制御は、ウエハステージ10の温度を制御した上で、ウエハステージ10とウエハ1間の熱伝導によって行なわれる。変化させようとする温度の幅が小さい場合には、ヘリウムガスの圧力を一定にしておき、ステージ温度を変化させることによって、ウエハ温度の制御を行うことができる。しかし、変

化させようとする温度の幅が大きい場合には、上記の方法ではウエハ温度を所望の温度にするために時間がかかる。例えば、 -5°C から 5°C に変化させるのに10分程度必要となるために生産性を低下させることになる。このような場合には、あらかじめステージ温度は低めに設定しておき、ヘリウムガスの圧力を低くすることによって、ウエハ1の温度を上昇させる方向で制御することで高速にウエハ1の温度制御を行うことが可能となる。

【0021】次に図4～図6を用いて本発明第二の実施例について説明する。図4は、本実施例にかかるプラズマエッチング装置の概略構成図を示したものであり、装置構成は第一の本実施例と同じであるが、処理装置8には処理の状態をモニタする手段23を備えている。本実施例ではプラズマ発光を状態モニタとして測定している。図5は処理枚数に伴う状態モニタ値の変化、および処理形状の変化の例を示したものである。また図6は本実施例で行う制御のフローチャートを示したものである。

【0022】制御装置19内のパラメータ演算部20内には、設計寸法と同じ形状寸法dが得られた場合の状態モニタ値、過去のロット単位における状態モニタ値の変動情報、ウエハもしくはステージ温度と状態モニタ値とを相関付ける関係式を持つ。ウエハもしくはステージ温度と状態モニタ値とを相関付ける関係式は、モニタ値の変動と形状変動を相関付ける関係式、形状変動とウエハもしくはステージ温度とを相関付ける関係式を持つことで得ることができる。これらの相関式は、過去に処理された同種の製品を処理した状態モニタ値、温度、形状データを使ってデータベース化するか、製品にと同様の材料、マスクパターン形状である試用ウエハを処理したデータをデータベース化しておくことが望ましい。

【0023】ある品種の製品を処理する場合を図6のフローチャートに従って説明する。まず設計寸法と同じ形状寸法dが得られた場合の状態モニタ値Pと過去に処理された同種の製品における一枚ごとのウエハ温度Tと状態モニタデータPn(1ロット25枚の場合、 $n=1\sim 25$)をロット単位で呼び出す。

【0024】例えばロット内での処理状態のモニタ値Pnが、図5の26のように変化する場合、設計寸法と同じ形状寸法dが得られた場合の状態モニタ値Pからのずれ $\Delta P_n (= P_n - P)$ がウエハごとに計算される。次に、形状寸法のずれの予測値 Δd_n が、得られた状態モニタ値のずれ(ΔP)と形状変動(Δd)の相関付ける関係式、 $\Delta d_n = f(\Delta P)$ から求めることができる。さらに、ウエハ温度の変化(ΔT)と形状変動(Δd)の相関付ける関係式、 $\Delta d = g(\Delta T)$ 代入することによって、ウエハ温度と状態モニタ値とを相関付ける関係式 $\Delta T = g^{-1}(f(\Delta P))$ が得られ、モニタ値の ΔP_n を補正するためのウエハ温度を計算($T + \Delta T_n$)する。この計算値に基づいて温度制御部21において冷却

能力を変えてウエハ温度を制御することによって、図5の26に示したような状態モニタ値の変動を解消することが可能となり、その結果、図6の27に示したような形状変動を解消することができる。

【0025】ここで処理状態モニタとしては、プラズマへの投入電力、電流、電圧、インピーダンス、自己バイアス電圧、プラズマ発光などが挙げられる。その一例として、発明者らがプラズマ発光のモニタ値と加工寸法の関係式を求めた結果を次に示す。プラズマ発光の主成分解析を行い、さらに主成分解析から得られた第一主成分から第三主成分の説明変数として重回帰分析を行うことにより、ポリシリコンエッチングにおける微小な形状変動とプラズマ発光のモニタ値とを相関付ける関係式が得られている。HBrとCl₂のプラズマを用いたエッチングにおいて、 $\Delta d = \alpha_1 \times PC1 + \alpha_2 \times PC2 + \alpha_3 \times PC3$ 。ここで、PC1、PC2、PC3は、各々プラズマ発光の主成分解析から得られた第一主成分から第三主成分、 $\alpha_1 = 0.83$ 、 $\alpha_2 = 0.1$ 、 $\alpha_3 = 3.2$ であった。

【0026】次に図7に示したフローチャートを用いて本発明第三の実施例について説明する。本実施例における装置構成、モニタ手段は、図4に示した第二の本実施例と同じであるが、制御装置19内のパラメータ演算部20内に、設計寸法と同じ形状寸法dが得られた場合の状態モニタ値、ウエハもしくはステージ温度と状態モニタ値とを相関付ける関係式を持ち、現在処理中のモニタ値と過去の良好に処理が行われたモニタ値とを比較して、前記関係式により両者のずれが最小になるようウエハの温度もしくはステージ温度求め、次ウエハの処理時にはその値にしたがってウエハの温度もしくはステージ温度を制御する点が特徴である。

【0027】すなわち、ある品種の製品を処理する場合、まず設計寸法と同じ形状寸法dが得られた場合の状態モニタ値Pを呼び出す。一枚目の処理における状態モニタ値P1とPのずれ $\Delta P1$ を計算する。次に、形状寸法のずれの予測値 $\Delta d1$ を得られた状態モニタ値のずれ(ΔP)と形状変動(Δd)の相関付ける関係式、 $\Delta d = f(\Delta P)$ から求める。さらにウエハ温度の変化(ΔT)と形状変動(Δd)の相関付ける関係式、 $\Delta d = g(\Delta T)$ に代入することによって、ウエハ温度と状態モニタ値とを相関付ける関係式 $\Delta T = g^{-1}(f(\Delta P))$ が得られ、モニタ値のずれ $\Delta P1$ を補正するためのウエハ温度を計算($\Delta T1$)する。この計算値に基づいて温度制御部21において冷却能力を変えて、次のウエハ(二枚目)処理時にウエハ温度制御を行い、状態モニタ値の変動を解消する。これらの操作を次々に繰り返し、すなわち設計寸法と同じ形状寸法dが得られた場合の状態モニタ値Pとn枚目の処理における状態モニタ値Pnのずれに基づいて計算した温度の補正値を、(n+1)枚目に反映させる。本実施例ではロット先頭の一枚

目の処理ウエハは補正を行っていないが、一枚目のウエハのみ第二の実施例と同じ方法で、すなわち過去に処理が行われたロット先頭の処理状態モニタ情報から補正地を求めてもよい。

【0028】以上説明したような制御機能をドライエッチング装置に備え、必要に応じてどの機能を使うか選択できる機能を持つことによって、加工ばらつきの少ない半導体製造装置となる。

【0029】さらに以上説明してきたような制御機能を使って、変化させた温度の値を記憶し、かつ変化させた温度の値があらかじめ設定した既定値を超えた場合に、その旨出力する機能を付加することにより、装置管理を効率よく行うことができる。すなわち、補正しなければならぬ温度値が大きければ大きいほど、装置の状態、例えば処理室壁面の汚れ、プラズマへの投入電力、処理室壁面温度など変動している可能性が高い。

【0030】そこであるしきい値を決めておき、その値以上になった場合に直ちにその旨出力することによって、装置の異常事態を未然に防ぐことになり、またメンテナンスを適正な時期に行うことにもなる。出力形態は、ブザーなどのアラームでも良いし、操作パネルへの表示、もしくは装置オペレーターのパーソナルコンピューターへの表示などでもよい。

【0031】以上はドライエッチング装置を例に説明を行ってきたが、プラズマCVD装置やスパッタ装置、およびそれらを用いる工程に関しても同様の効果が得られる。ただしこれらの場合には、処理における制御対象が加工形状ではなく、膜の堆積レートや膜質となる。

【0032】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、処理特性の変動を監視することができるとともに、変動に対応して処理特性の制御を行うことができるために、生産歩留まりや生産効率を向上させることを可能となる。また装置管理も効率的に行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施例である半導体製造装置の構造を説明する概略図。

【図2】本発明第一の実施例における制御対象を説明するグラフ。

【図3】本発明第一の実施例における動作を説明する工程フロー。

【図4】本発明の第二の実施例である半導体製造装置の構造を説明する概略図。

【図5】本発明第二の実施例における制御対象を説明するグラフ。

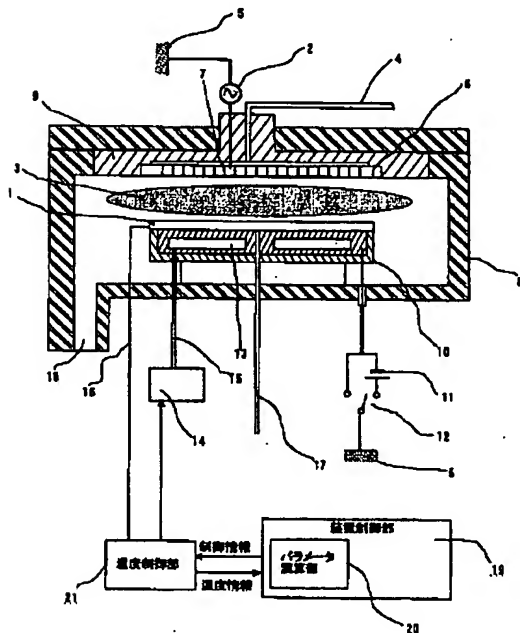
【図6】本発明第二の実施例における動作を説明する工程フロー。

【図7】本発明第三の実施例の動作を説明する工程フロー。

【符号の説明】

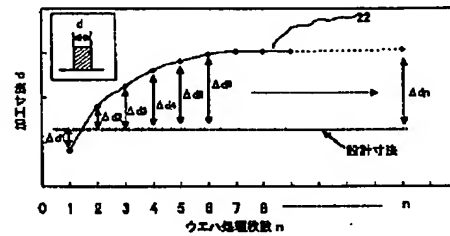
1…ウエハ、2…高周波電源、3…搬送ロボット、4…エッチングガスの導入管、5…アース、6…電極、7…シャワー穴、8…エッチング処理室、9…絶縁体、10…ウエハステージ、11…直流電源、12…スイッチ、13～15…ステージ温度調節機構、16…温度計測手

【図1】

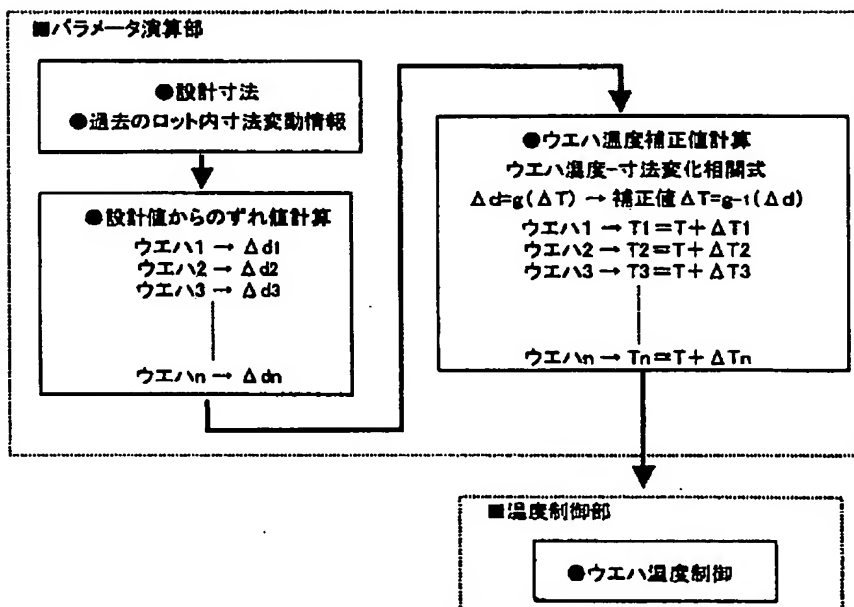


段、17…Heガス導入管、18…排気口、19…制御装置、20…パラメータ演算部、21…温度制御部、22…発光センサー、23…発光検出器、24…発光分析部。

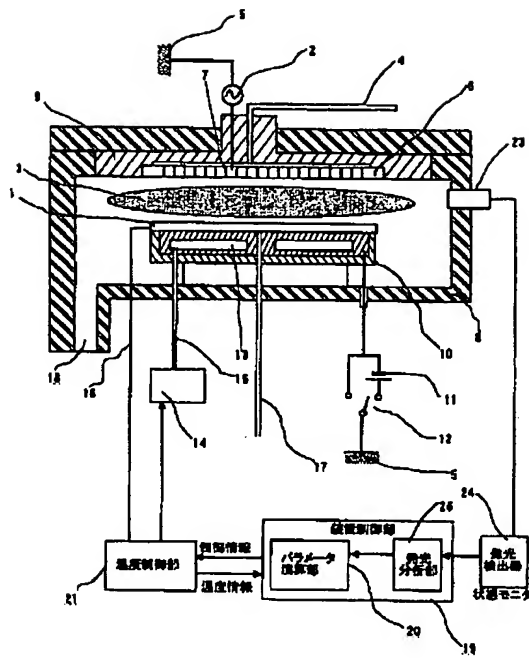
【図2】



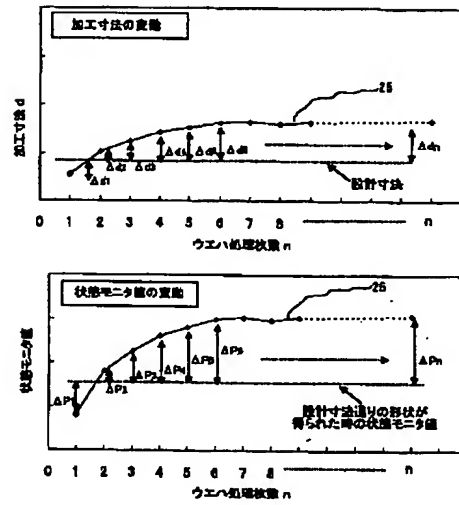
【図3】



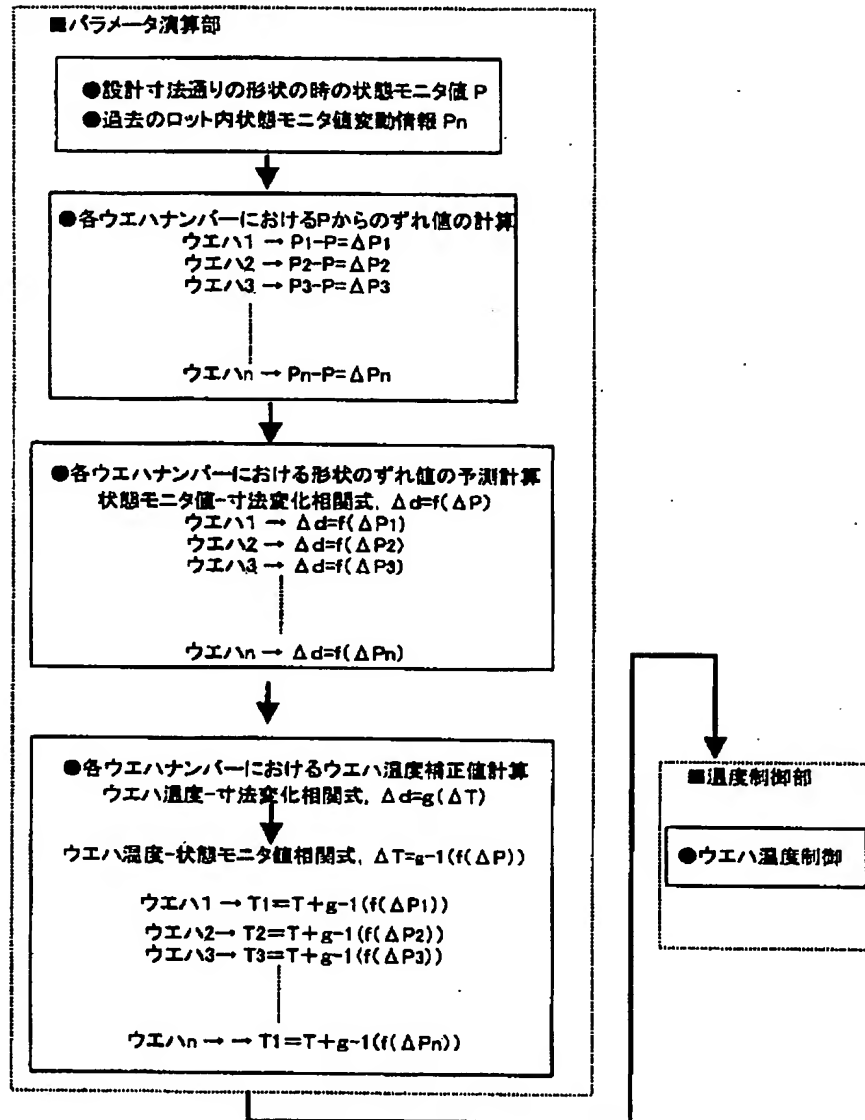
【図4】



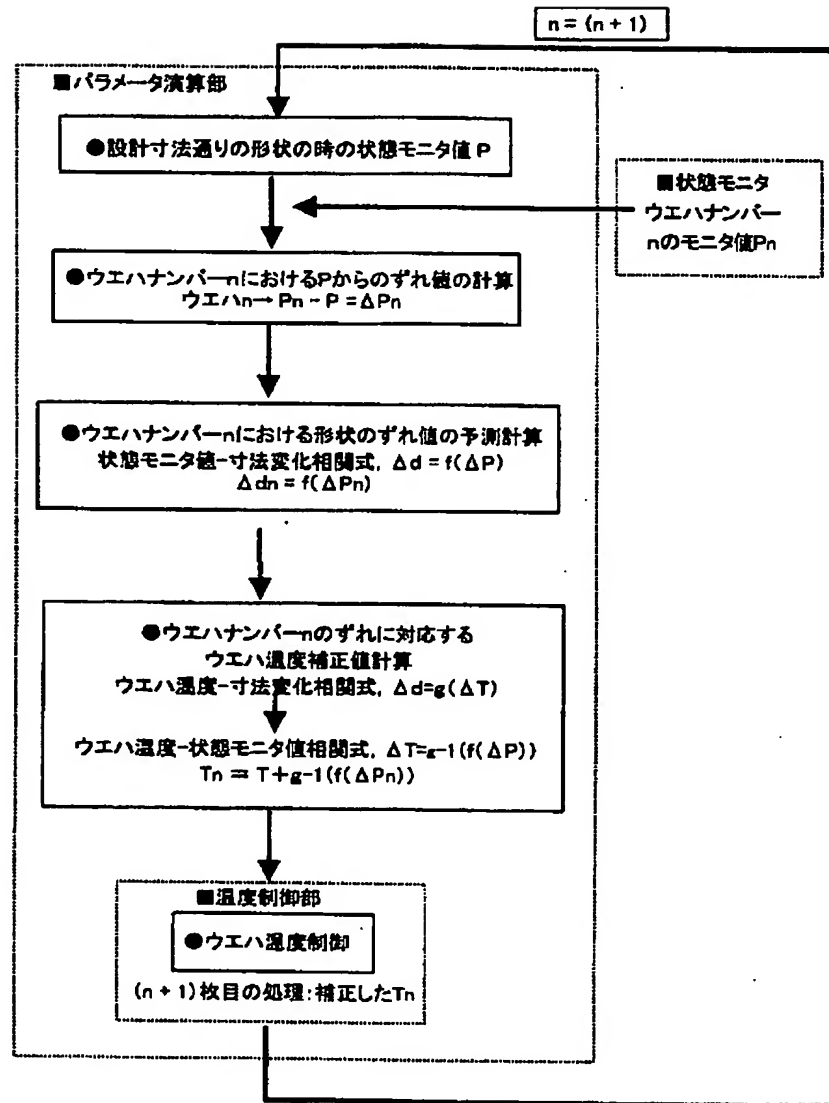
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 菅野 誠一郎
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日
立製作所機械研究所内
(72)発明者 山本 秀之
山口県下松市大字東豊井794番地 株式会
社日立製作所笠戸事業所内

Fターム(参考) 4K030 CA04 FA01 JA10 KA41 LA15
5F004 AA01 BA04 BB22 BB25 BB26
BB28 CA08 CB02 CB12 DA00
DA04 DA22 DB02 EA11
5F045 AA03 BB03 GB05 GB16